

ІЗАТІЗОН ТА НАНОСРІБЛО ЗДАТНІ ІНДУКУВАТИ ЗМІНИ РОСТОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ВІВСА СОРТУ НЕЗЛАМНИЙ, ЯКІ ЗБЕРІГАЮТЬСЯ В НАСТУПНИХ ПОКОЛІННЯХ

Пошук препаратів нового покоління, здатних забезпечити високий рівень продуктивності рослин в умовах техногенного забруднення довкілля та змін клімату, є однією з найважливіших проблем сьогодення. Попередніми дослідженнями було виявлено підвищення врожайності зернових культур за дії препаратів Ізатізону та наносрібла на насіння перед висівом у ґрунт [1–4] та можливість збереження отриманих ефектів у 2-му поколінні [2–4]. Мета дослідження — вивчити вплив обробок насіння вівса сорту Незламний препаратами Ізатізону та наносрібла на його ростові процеси та зернову продуктивність упродовж 3-х поколінь.

Матеріали і методи

Насіння вівса сорту Незламний обробляли водними суспензіями препарату наносрібла SS1000 (**S**), розробленого в Інституті надтвердих матеріалів ім. М. В. Бакуля НАН України [5] і люб'язно наданого нам; **S** було використано окремо та в комплексі з розробленим у нашій лабораторії препаратом Ізатізон (**Iz**; розчин N-метилізатин β-тіосемікарбазону в композиції диметилсульфоксиду, **D**, та поліетиленгліколю ПЕГ400, **P** [6]); похідним **Iz** — Ізатіонієм (**It**; **Iz**+етоній), а також із розчинниками **D** та **P** і комплексом **D+P** (за співвідношення **D/P** такого ж, як у препараті Ізатізон). Рослини вирощували у відкритому ґрунті.

Інтенсивність ростових процесів оцінювали за довжиною стебла при виході в трубку (**Ls**) в 1-му та 2-му поколіннях; елементи зернової продуктивності: довжину головної волоті (**L**); кількість зерен у головній волоті (**G**); вагу зерна з головної волоті (**W**) та вагу 1000 зерен (**W1000**) досліджували упродовж 3-х поколінь. У дослідженнях використано мінімальну концентрацію препаратів, за якої виявляються бажані ефекти; таку концентрацію було підібрано попередніми дослідженнями, результати яких у цій роботі не наводяться.

Результати та обговорення

1. *Вплив препаратів на ріст та елементи зернової продуктивності вівса в 1-му поколінні*

У 1-му поколінні після обробок насіння препаратами виявлено стимулюючий вплив **S** на ростові процеси вівса: збільшення **Ls** на 11,9% ($P < 0,001$, $n = 30$; рис. 1, а) У комплексі з **Iz** та **D+P** така дія **S** посилювалась у 1,8 та 1,6 рази ($P < 0,001$).

Статистично достовірне зростання **L** ($P < 0,001$; $P < 0,01$; $P < 0,05$; $n = 30$; рис. 2) спостерігали у всіх варіантах, крім **P** та **D+P**: на 7,1–14,8% — для препаратів та їх комплексів з максимальним приростом за дії **Iz**; на 5,7% — для **D**; на 6,9%, 8,4% та 12,2% — для **P+S**, **D+S** та **D+P+S**. Для **S** виявлено тенденцію до збільшення **L**, а статистично достовірне зростання **L** проявлялося тільки при застосуванні **S** із розчинниками, особливо з їх комплексом.

Статистично достовірне збільшення **G** (на 21,0–37,4%; $n = 30$; $P < 0,001$; $P < 0,01$; $P < 0,02$; $P < 0,05$) виявлено в усіх варіантах, крім **P** та **D+P** (рис. 2). Найвищі значення приросту **G** отримано при застосуванні **Iz+S** (на 37,4%; $P < 0,001$) та **D+P+S** (на 32,8%; $P < 0,001$).

Величина **W** статистично достовірно збільшувалася за дії препаратів **It**, **Iz**, **S** (на 15,4%; 32,3%; 20,0%; $P < 0,05$; $P < 0,001$; $P < 0,02$; $n = 30$; рис. 2), також розчинника **D** (на 22,3%; $n = 30$; $P < 0,01$). Найефективнішим виявився препарат **Iz** (підвищення **W** у порівнянні з контролем на 32,3%), а комплекс розчинників **D+P** поліпшував стимулюючу дію **S** на 35% до величини 27,7% порівняно з контролем.

На вагу 1000 зерен (рис. 2) препарати не виявили статистично достовірного впливу, за винятком **D** та **D+P+S**, де спостерігали статистично достовірне зниження **W1000** (на 9,6% та 9,7%; $n = 30$; $P < 0,05$) при значному зменшенні варіації цього параметра, що пов'язано з появою значної кількості дрібніших та менш виповнених зерен.

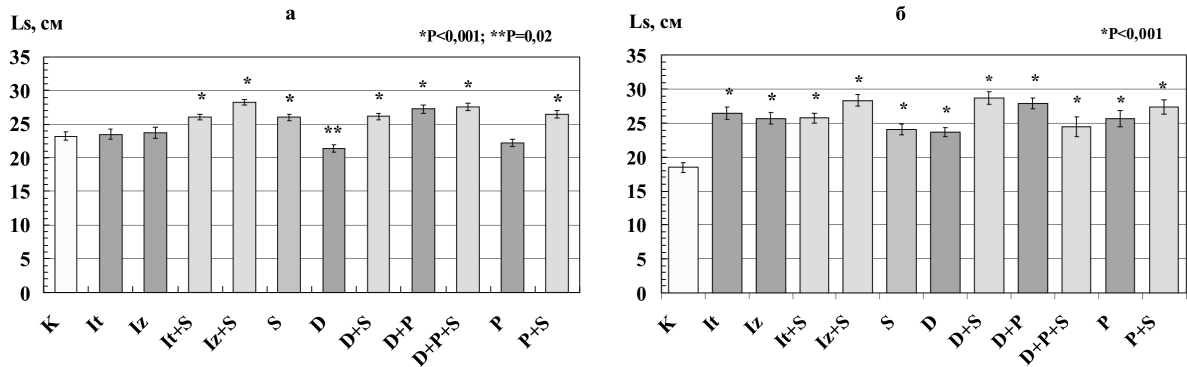


Рис. 1. Довжина стебла вівса сорту Незламний на стадії виходу в трубку (45 доба після посіву) в 1-му (а) та 2-му (б) поколіннях після обробок його насіння препаратами Ізатізоном, Ізатітоном, розчинниками, що є складниками Ізатізоном (ДМСО та ПЕГ), наносріблом та їх комплексами. По осі x — варіанти дослідів; К — контроль, Іz — Ізатізон, Іt — Ізатітоній, S — наносрібло SS1000, D — ДМСО, P — ПЕГ 400

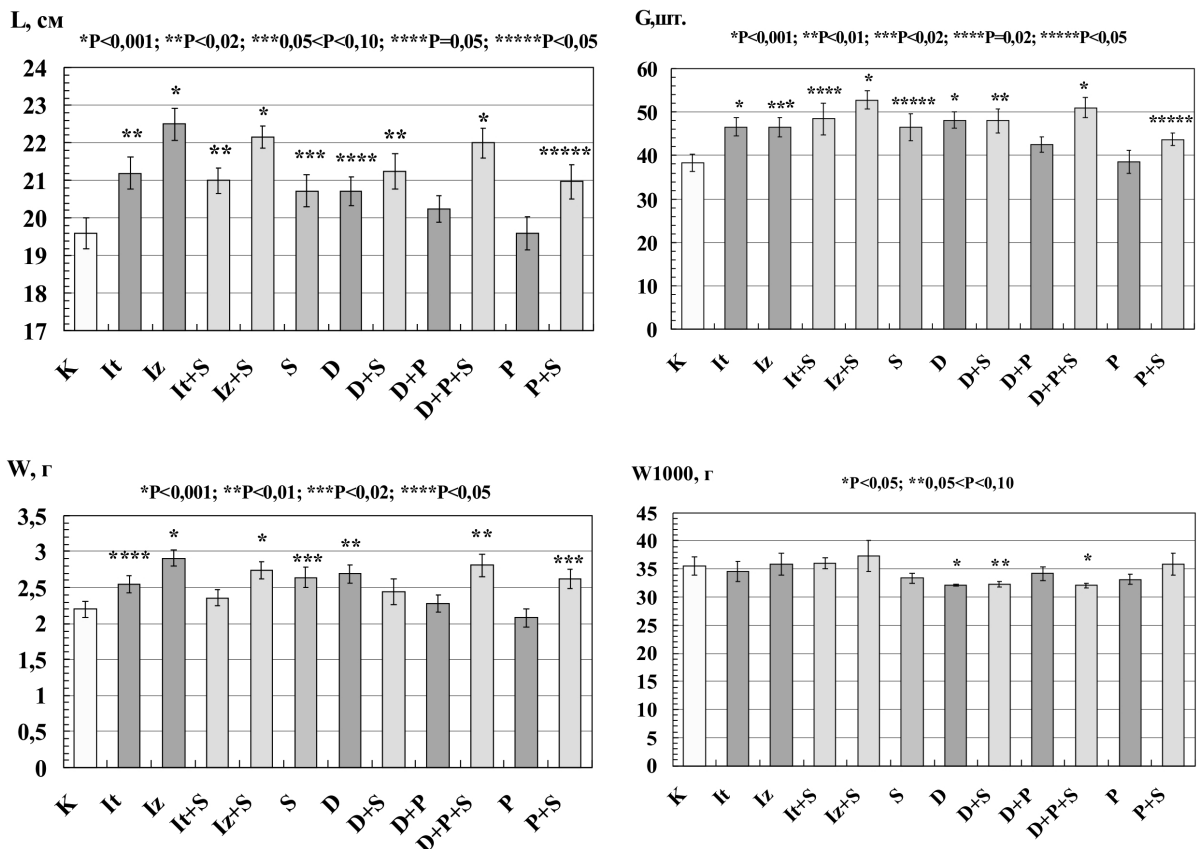


Рис. 2. Елементи зернової продуктивності вівса сорту Незламний (довжина головної волоті, L; кількість зерен у ній, G; вага зерна з головною волоті, W, та вага 1000 зерен, W1000) у 1-му поколінні після обробок його насіння препаратами Ізатізоном, розчинниками, що є складниками Ізатізоном (ДМСО та ПЕГ), Ізатітоном і наносріблом SS1000 та їх комплексами. Розшифрування варіантів дослідів по осі x — як для рис. 1

Отже, в 1-му поколінні вівса після обробки насіння препаратами S спостерігали стимуляцію ростових процесів на стадії виходу в трубку. Препарати Ізатізоном самі по собі не виявляли стимулюючого ефекту на ріст стебла, але Іz, використаний у комплексі з наносріблом, значно

поліпшував стимулюючу дію останнього, і така дія, скоріше за все, обумовлена комплексом розчинників, які є складниками Іz і можуть сприяти кращому проникненню часточок наносріблом в тканини зародків насіння. Виявлено позитивний вплив Іz, Іt та S на такі елементи продуктив-

ності, як L, G та W. Збільшення врожаю зерна з волоті у всіх випадках обумовлювалося зростанням кількості зерен, а не їх ваги. Препарат Iz виявив найбільший стимулюючий ефект на довжину головної волоті та врожай зерна з неї.

2. Вплив препаратів на ріст та елементи зернової продуктивності вівса в 2-му поколінні

У 2-му поколінні після обробок насіння вівса препаратами, на відміну від 1-го покоління, інтенсивність ростових процесів при виході в трубку була значно вищою (збільшення Ls на 28,0–55,4%; $P < 0,001$; $n \geq 30$), і такий ефект спостерігали в усіх дослідних варіантах (рис. 1, б).

Зростання параметра L було виявлено у варіантах It, It+S, Iz+S (на 8,3–9,4%; $P < 0,001$, $n = 30$); P, P+S, D+S (на 5,9–12,3%; $P < 0,001$; $P < 0,01$; $n = 30$); найвищий приріст L (12,3%) спостерігали для D+S (рис. 3). На відміну від 1-го покоління (рис. 2), у 2-му поколінні L збільшувалася також за дії P та залишалася на рівні контролю — за використання Iz, D, D+P+S.

Величина G у 2-му поколінні зростала в усіх варіантах, крім D та D+P (рис. 3; $P < 0,001$, $n = 30$); для препаратів It, S, Iz — на 12,1–20,8%; для P та D+P+S — на 20,6% та 20,8%; з найвищими значеннями — для It+S, P+S (на 28,6; 29,1%). На відміну від 1-го покоління (рис. 2), в 2-му поколінні виявлено зростання G за дії P та відсутність ефекту — за дії D.

У 2-му поколінні спостерігали збільшення параметра W у варіанті, де було використано Iz (на 12,5%; $P < 0,02$; $n = 30$; рис. 3). Зниження параметра виявлено у варіантах D+P, D+P+S. Стимулююча дія S проявлялася в комплексі з одним із розчинників: збільшення W на 23,6% — для D+S та на 22,0% — для P+S ($P < 0,001$ та $P < 0,01$; $n = 30$). У 1-му поколінні, на відміну від 2-го покоління, зростання W спостерігали під впливом розчинника D та усіх 3-х препаратів (It, S, Iz; рис. 2) з максимальними значеннями для Iz (на 32,3%).

Найбільших змін у 2-му поколінні зазнав параметр W1000 — його статистично достовірне збільшення виявлено в усіх варіантах, крім P (рис. 3): для Iz, It, S — на 9,6–13,1% ($P < 0,001$, $n = 10$); для розчинників D, D+P — на 13,0–7,1% ($P < 0,001$; $P < 0,01$, $n = 10$); для It+S, Iz+S — на 15,6–18,5% ($P < 0,001$, $n = 10$); для P+S, D+P+S, D+S — на 7,14–16,9% ($P < 0,001$; $P < 0,01$, $n = 10$).

Отже, в 2-му поколінні після обробки насіння вівса препаратами у ряді варіантів спостеріга-

ли збереження позитивних змін ростових характеристик та елементів зернової продуктивності, отриманих у 1-му поколінні, поряд із появою таких ознак у варіантах, де в 1-му поколінні вони не проявлялися. Заслуговує на увагу поява нової ознаки — збільшення ваги зерен, тому в 2-му поколінні зростання врожайності зерна з волоті зумовлене як збільшенням кількості зерен, так і їхньої ваги.

3. Вплив препаратів на елементи зернової продуктивності вівса в 3-му поколінні

У 3-му поколінні варто зазначити появу ознаки збільшення L у варіанті S (на 15,5%; $P < 0,001$, $n = 25$; рис. 4) та збереження цієї ознаки — у варіанті Iz (на 35,6%; $P < 0,001$, $n = 25$). У цих же варіантах, як і в 1-му та 2-му поколіннях, було виявлено збереження приросту G: для S — на 14,6% ($P < 0,05$, $n = 25$); для Iz — на 24,2% ($P < 0,02$, $n = 25$). Для Iz в 3-му поколінні, як і в перших 2-х поколіннях, спостерігали приріст W (на 25,1%; $P < 0,02$, $n = 25$), в той час як за дії S приріст W виявлявся менш стабільно — тільки в 1-му та 3-му поколіннях. Ознака приросту W1000, яка з'явилася в більшості варіантів дослідів у 2-му поколінні (рис. 3), у 3-му поколінні зберігалася тільки за дії It, S, Iz+S (на 3,2–4,9%; $P < 0,02$; $P < 0,05$; $P < 0,01$; $n = 25$).

Отримані дані є свідченням того, що препарати Ізатізону та наносрібла за обраних умов дослідів здатні індукувати у вівса позитивні зміни ростових процесів та елементів зернової продуктивності, які можуть зберігатися в наступних поколіннях. Характер таких змін, поряд зі змінами вмісту та співвідношень фотосинтетичних пігментів, про які повідомлялося раніше [2–4], дають можливість зробити припущення, що як наносрібло, так і деякі сполуки, що є складниками Ізатізону, можуть слугувати сигнальними молекулами для активації адаптаційних перебудов метаболізму. З огляду на це варто зазначити, що діюче начало Ізатізону — N-метил ізатин β -тіосемікарбазон — є похідним ізатину, універсального месенджера стресових сигнальних шляхів [7] та відомого стимулятора росту рослин, а наносрібло здатне виявляти досить широкий спектр біологічної дії, що обумовлюється індукуванням оксидативного стресу і залежить не тільки від концентрації та тривалості його дії, від розмірів та форми його часточок, їх поверхневого заряду, енергії, сольватації, але й від типу клітин та біомолекул, які стають його мішенями [8].

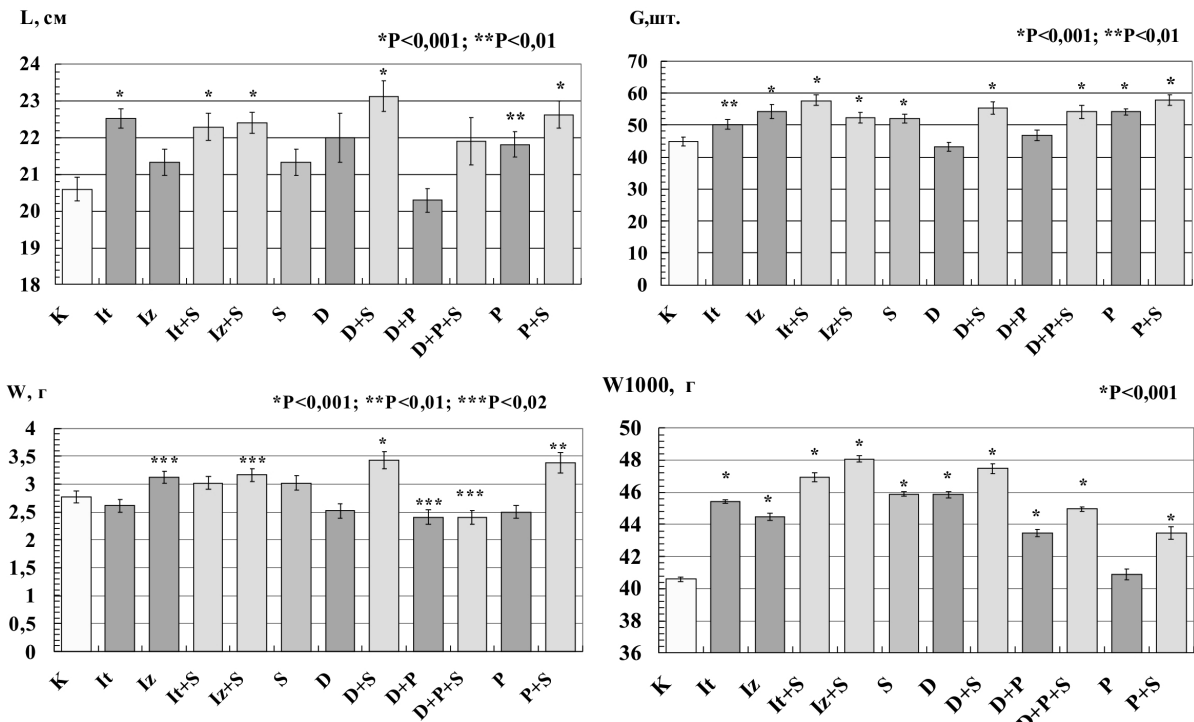


Рис. 3. Елементи зернової продуктивності вівса сорту Незламний у 2-му поколінні після обробок насіння препаратами Ізатізоном, Ізатітоном та наносріблом, розчинниками ДМСО та ПЕГ400. Розшифрування варіантів дослідів по осі x — як для рис. 1

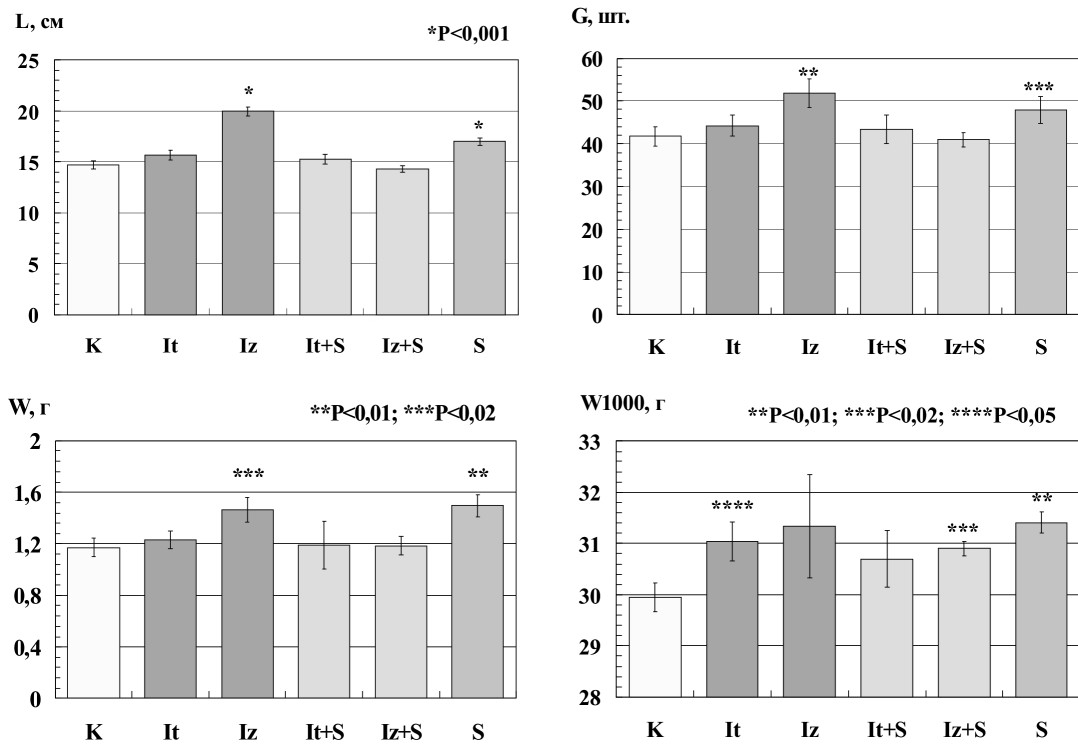


Рис. 4. Елементи зернової продуктивності вівса сорту Незламний у 3-му поколінні після обробок насіння препаратами Ізатізоном, Ізатітоном та наносріблом. Розшифрування варіантів дослідів по осі x — як для рис. 1

Висновки

1. Для препарату наносрібла SS1000 в 1-му поколінні після обробок насіння виявлено стимулюючий ефект на ростові процеси вівса при вигоні стебла, і цей ефект збільшувався при застосуванні комплексу наносрібла з Ізатізоном та розчинниками, що є його складниками.

2. У 1-му поколінні виявлено також позитивний вплив препаратів SS1000, Ізатітону та Ізатізону на ріст та розвиток волотей — збільшення врожайності завдяки збільшенню кількості зерен у них.

3. Комплекс розчинників, які є складниками Ізатізону, як і сам Ізатізон, значною мірою посилював стимулюючу дію наносрібла на врожайність волотей у 1-му поколінні, сприяючи збільшенню довжини волотей та кількості зерен у них.

4. У 2-му поколінні вівса виявлено збереження деяких ознак, притаманних 1-му поколінню, та появу багатьох нових ознак як щодо росту, так і продуктивності.

5. У 2-му поколінні після обробок насіння вівса препаратами, на відміну від 1-го покоління, інтенсивність ростових процесів при виході в трубку була значно вищою, і такий ефект спостерігали для всіх досліджених препаратів.

6. У 2-му поколінні спостерігали збереження приросту кількості зерен у волоті за дії Ізатізону, Ізатітону та SS1000. Збільшення ваги зерна з волоті зберігалося в 2-му поколінні тільки в разі застосування Ізатізону, також наносрібла разом із розчинниками.

7. У зв'язку з появою нової ознаки — збільшення ваги зерен — приріст врожаю зерна з волоті під впливом обробок насіння вівса препаратами в 2-му поколінні зумовлювався як зростанням кількості зерен, так і їхньої ваги.

8. Збереження ефекту збільшення основних елементів продуктивності вівса — довжини головної волоті, кількості зерен у ній та їх ваги — найбільш стабільно проявлялося упродовж 3-х поколінь за використання Ізатізону.

ЛІТЕРАТУРА

1. Potopalsky A. I., Yurkevich L. N., Katsan V. A. Use of Isatizon for Improvement of Plant Adaptability // Proceedings of the Interdisciplinary Scientific Conference «Adaptation Strategies of Living Systems». Novy Svet, AR Crimea, Ukraine, June 11–16, 2012. — P. 309–310.
2. Potopalsky A. I., Yurkevich L. N., Katsan V. A. Influence of Izatison and Nanosilver Preparations on the Growth, the Productivity Elements and on the Photosynthetic Pigments Content of the Oat Plants Cultivar Nezlamny. The Second Generation after Treatment // Proceedings of the Interdisciplinary Scientific Conference «Adaptation Strategies of Living Systems». Novy Svet, AR Krimea, Ukraine, May 12–17. — 2014. — P. 44–45.
3. Katsan V. A., Yurkevich L. N., Potopalsky A. I. Nanosilver and Izatison may Improve Adaptability and Productivity of the Oat Plant Cultivar Nezlamny // Abstract Book of Summer School and International Research and Practice Conference: «Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2014)». 23–30 August. — Yaremche-Lviv, 2014. — P. 543.
4. Юркевич Л. Н., Кацан В. А., Потопальський А. І. Ізатізон та Наносрібло впливають на ріст та розвиток рослин вівса, їхню продуктивність та вміст фотосинтетичних пігментів // Матеріали XI Українського біохімічного конгресу, 6–10 жовтня 2014 р., м. Київ. — Ukrainian Biochemical Journal. — 86, N 5, (Supplement 2). — P. 168–169.
5. Кістерська Л. Д., Співак М. Я., Перевертайло В. М., Лазаренко Л. М. та ін. Нанодисперсні суспензії срібла та їх протівірусні властивості // Наноструктурное материаловедение. — 2010. — № 3. — С. 62–69.
6. Заїка Л. А., Болсунова О. І., Потопальський А. І. Протівірусні, протипухлинні та імуномодулюючі властивості лікувального препарату ІЗАТИЗОН. — К.: Колоб'їг, 2010. — 212 с.
7. Medvedev A., Buneeva O., Glover V. Biological Targets for Isatin and its Analogues: Implication for Therapy // Biologics: Targets & Therapy. — 2007. — 1, № 2. — P. 151–162.
8. Bartlomiejczyk T., Lankoff A., Kruszewski M., Szumiel I. Silver Nanoparticles — Allies or Adversaries? // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. — 2013. — 20, № 1. — P. 48–54.

KATSAN V.A., YURKEVICH L.N., POTOPALSKY A.I.

Institute of Molecular Biology and Genetics of Natl. Acad. Sci. of Ukraine, Ukraine, 03680, Kyiv, Akad. Zabolotnogo str., 150, e-mail: val.katsan@gmail.com

IZATISON AND NANOSILVER ARE ABLE TO INDUCE THE CHANGES IN GROWTH AND PRODUCTIVITY OF OAT PLANT CULTIVAR NEZLAMNY PERSISTING IN THE NEXT GENERATIONS

Aims. The aim of this study is the investigations of the influence of the preparations Izatizone (**Iz**), Izatitony (**It**; **Iz+etony**) and the nanosilver SS1000 preparation (**S**) on the growth of oat cultivar Nezlamny and on the elements of its grain

productivity over three generations. **Methods.** Iz and It preparations were designed in our laboratory; S was designed in Institute for Superhard materials V. M. Bakul NAS of Ukraine and was kindly given to us. The oat seeds were treated by the water suspensions of the preparations and the solvents DMSO (**D**) and PEG400 (**P**), to be the constituents of Iz, at the concentrations selected in previous experiments. The plants were grown on the little plots of land; the plant growth intensity was estimated by the stem length at the booting; the analysis of the productivity elements (the primary panicle length, **L**; the grains number in the primary panicle, **G**; the grains weight from the primary panicle, **W**; the weight of 1000 grains, **W1000**) was performed after gather in the harvest over 3 generations after treatment. **Results.** The stimulating effect of **S** on the plant growth at the booting was revealed in the first plant generation; such effect enhanced, when **S** was used in the complex with Iz. The positive effect of Iz, It and **S** on the panicles growth and development was observed. The crop yield per panicles increased, when Iz, It and **S** were used, caused by the increase of **G**. In the second generation the increment persisted of **G** in the variants Iz, It and **S** and of **W** — in the variants Iz and **P+S**, and the increase exhibited of **W1000** in the majority variants of experiment. The positive changes of oat productivity were persisting in the third generation also, and the most stable maintenance of **L**, **G** and **W** increase over 3 generations was observed for Iz. **Conclusions.** Izatison and nanosilver preparations, used under specified experimental conditions, are able to induce the oat growth promoting and its grain productivity improvement, persisting in the next generations.

Keywords: Izatison, nanosilver, oat, growth, analysis of productivity elements.